



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 36 839 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 197 36 839.5  
㉔ Anmeldetag: 23. 8. 97  
㉕ Offenlegungstag: 25. 2. 99

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 60 R 21/00**  
B 60 R 21/02  
B 62 D 25/00  
B 62 D 21/15  
F 16 S 3/00  
B 60 J 5/00  
B 60 R 19/00  
F 16 F 7/12  
B 32 B 3/20

**DE 197 36 839 A 1**

⑦① Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

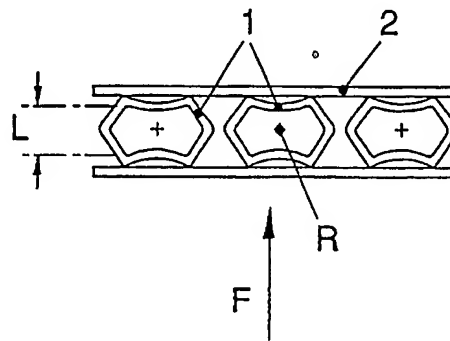
⑦② Erfinder:  
Siebels, Johann, 38444 Wolfsburg, DE; Schmidt,  
Knut, 38553 Wasbüttel, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gem. Paragraph 43 Abs. 1 Satz PatG ist gestellt

⑤④ Deformationsstruktur für den Insassenschutz in Fahrzeugen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Deformationsstruktur für den Insassenschutz in Fahrzeugen mit zwischen Wandungen oder anderen Bauteilen angeordneten und Hohlkörper aufweisenden energieabsorbierenden Elementen. Sie löst die Aufgabe, mit einfachen Deformationselementen einen überproportionalen Kraftanstieg bei Beginn der Verformung und über einen möglichst langen Verformungsweg, der weitgehend der Dicke der Deformationsstruktur entsprechen sollte, zu vermeiden, um die Verletzungsgefahr eines auf diese aufprallenden Fahrzeuginsassen zu verringern bzw. eine solche nicht zu erhöhen. Dazu sind die Hohlkörper senkrecht zu ihrer Längsachse vorverformte Rohrabchnitte (1; 3; 4; 5; 6; 8a; 9; 12), die mit der Rohrachse (R) parallel zu den Wandungen einzeln in vorbestimmbarer Anordnung oder ein- oder mehrlagig zusammengefügt angeordnet sind, wobei der Verformungsgrad zwischen 0,1% und 85% liegt, bezogen auf die lichte Weite des unverformten Rohres in Richtung der Verformungskraft.



**DE 197 36 839 A 1**

Die Erfindung betrifft eine Deformationsstruktur in Fahrzeugen für den Insassenschutz, insbesondere für den direkten Insassenschutz im Bereich des Fahrgastraumes.

Aufgrund der ständig wachsenden Anforderungen an die Fahrzeugsicherheit werden für Polstermaßnahmen im Bereich des Fahrgastraumes Deformationsstrukturen, insbesondere Schäume und Waben, mit energieabsorbierenden Eigenschaften eingesetzt, die die Verletzungsgefahr bzw. die Schwere von Verletzungen bei einem Aufprall mindern sollen, indem sie bei Einhaltung einer maximal zulässigen Kraft so viel kinetische Energie wie möglich absorbieren und dadurch die Aufprallbelastungen senken.

Elastische Schaummaterialien absorbieren die Aufprallenergie bis zu einer bestimmten Grenze und geben diese dann in umgekehrter Richtung wieder ab, was zu unerwünscht hohen Rückprallgeschwindigkeiten führt.

Feste (Kunststoff-)Schaummaterialien absorbieren Aufprallenergie durch das und bei dem Zusammendrücken der Poren und Zellen in befriedigender Weise, jedoch nur bis zum vollständigen Zusammendrücken der Zellen und dem damit geschaffenen Zustand "festen Materials", der einen überproportionalen Kraftanstieg mit sich bringt und für eine weitere Energieabsorption nicht geeignet ist.

Für eine insassenschützende Energieabsorption ist eine Kraft-Verformungsweg-Kennlinie des Deformationselementes zu erreichen, bei der zu Beginn der Verformung und über einen möglichst langen Verformungsweg, der im wesentlichen der Dicke des unverformten Deformationselementes entspricht, eine bestimmte maximal zulässige Kraft nicht überschritten wird, damit die Funktion des Deformationselementes als energieabsorbierendes Bauteil erhalten bleibt und die eingeleitete Kraft nicht in voller Höhe auf den betreffenden Insassen übertragen wird. Um eine ausreichende Energieabsorption durch das Deformationselement sicherzustellen, darf am Anfang der Verformung ein überproportionaler Kraftanstieg, ein sog. Kraft-Peak, nicht auftreten, und die Verformung sollte über den gesamten Verformungsweg nahe, jedoch unterhalb der maximal zulässigen Kraft erfolgen.

Beiträge dazu versuchen Deformationselemente und -strukturen zu leisten, wie sie in den nachfolgenden Dokumenten beschrieben sind.

Die DE 25 24 633 A1 beschreibt eine Fahrzeugtür, mit einer als Formteil ausgebildeten energieabsorbierenden polsternden Verkleidung aus einem synthetischen, starren Kunststoffschäum mit mehreren nach der dem Insassenraum abgewandten Seite ausgebildeten angeformten Vorsprüngen, wie Rippen, Säulen oder Kegel, auf der Insassenraumseitig eine Schicht aus einem kraftverteilenden halbsteifen Kunststoffschäum angeordnet ist.

Auch sind Deformationsstrukturen mit energieabsorbierenden keramischen Deformationselementen bekannt. So ist Gegenstand der DE 29 17 687 ein Deformationselement, das einen energieabsorbierenden Kern aus einer Schüttung aus mineralischen Partikelschäumen, insbesondere aus kugelförmigen Blähton-, Blähsilikat- oder Blähschieferpartikeln aufweist, dessen Zwischenvolumen von einem Schaumstoff ausgefüllt ist und der von einem elastischen Mantel umgeben ist. Aus der DE 43 40 346 A1 ist eine Deformationsstruktur bekannt, die aus in Kunststoffschäum eingebetteter Strukturkeramik oder Gerüstkeramik, d. h. einem Raumgebilde aus Kunststoffäden bzw. Kunststoffgittern, gebildet ist. Des weiteren beschreibt die DE 43 40 347 A1 einen Träger für Kraftfahrzeuge, der wenigstens teilweise mit einer Vielzahl an seiner Innenwandung anliegender keramischer Hohlkörper gefüllt ist und der

sich bei einer Kraftbeaufschlagung in Richtung seiner Erstreckung (axial) unter gezielter Faltenbildung verformt. Durch die Auswahl der keramischen Hohlkörper ist es möglich, ein abgestimmtes Verformungsverhalten des Trägers zu erzeugen. Dabei ist der Einsatz größerer und/oder dünnwandiger Hohlkörper mit einem größeren Verformungsweg verbunden, während kleinere und/oder dickwandigere Hohlkörper ein höheres Kraftaufnahmevermögen aufweisen.

Ein aus keramischen Hohlkörpern unterschiedlichen Durchmessers und unterschiedlicher Wandstärke gebildetes Deformationselement beschreibt auch die DE 43 40 349 A1. Die Hohlkörper, vorzugsweise Aluminiumoxid-Hohlkugeln, sind so angeordnet, daß im Frontbereich (Krafteinleitungsseitig) solche mit relativ großer Wandstärke, die ein größeres Energieaufnahmevermögen haben, und in Kraftrichtung dahinter solche mit großem Durchmesser bzw. einer geringen Wandstärke zur Erzielung eines größeren Weges bei niedrigerem Kraftniveau angeordnet sind.

Gegenstand der EP 0 530 042 B1 ist eine Fahrzeugtür mit einem Türkörper, in dem ein Stoßpolster angeordnet ist, das eine einstückige Verbundstruktur mit einer Anordnung von zueinander parallelen länglichen Schaumelementen darstellt, deren Achsen quer zur Türverkleidung angeordnet sind. Auch die DE 43 32 166 beschreibt eine Fahrzeugtür mit einem inneren und einem äußeren Karosserieblech und mit einer an dem inneren Karosserieblech angeordneten bienenwabenförmig gestalteten Deformationsstruktur, deren Zellen bildende Wände im wesentlichen quer zum inneren Karosserieblech ausgerichtet sind.

In der Darstellung des Standes der Technik in der PS 36 21 697 werden als energieabsorbierende Aufprallträger horizontal angeordnete Rohre oder Profilträger aus einem homogenen Werkstoff genannt. Zur Verbesserung des spezifischen Umformvermögens derartiger Rohre oder Profilträger wird in der Schrift vorgeschlagen, in diesen eine Verstärkung anzuordnen. Dabei weisen die Verstärkungselemente hohlraumbildende Elemente auf, die mit ihren Längsachsen senkrecht zum Zuggurt und zum Druckgurt angeordnet sind.

Schließlich ist in der DE 30 38 252 C2 ein stoßabsorbierendes Deformationsglied für den Knieaufprallbereich von Fahrer und Beifahrer beschrieben, das aus mehreren zueinander parallelen Rohren gebildet ist, deren Rohrachse quer zur Aufprallrichtung verläuft.

Den vorbeschriebenen Lösungen sind hinsichtlich der Erfüllung der eingangs erwähnten Kraft-Verformungsweg-Kennlinie mehr oder weniger Grenzen gesetzt. Insbesondere ist die Deformationsstruktur nach einem kurzen Verformungsweg verdichtet und verhält sich dann wie Vollmaterial, verbunden mit einem überproportionalen Kraftanstieg.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine Deformationsstruktur nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, bei der mit einfachen Deformationselementen ein überproportionaler Kraftanstieg bei Beginn der Verformung und über einen möglichst langen Verformungsweg, der weitgehend der Dicke der Deformationsstruktur entsprechen sollte, vermieden wird, um die Verletzungsgefahr eines auf diese aufprallenden Fahrzeuginsassen zu verringern bzw. eine solche nicht zu erhöhen.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Deformationsstruktur nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durch dessen kennzeichnende Merkmale gelöst.

Die erfindungsgemäße Deformationsstruktur weist als Hohlkörper in radialer Richtung vorverformte Rohrabchnitte aus Metall auf, die mit der Rohrachse parallel zu den Wandungen oder anderen Bauteilen angeordnet sind, mit denen sie bei einem Aufprall in Wirkverbindung stehen. Dabei können die radial vorverformten Rohrabchnitte ein-

zeln oder einzeln in vorbestimmten Anordnungen zueinander oder ein- oder mehrlagig zusammengefügt sein. Die Kraft-Verformungsweg-Kennlinie des einzelnen vorverformten Rohrabschnitts und der ein- und mehrlagig aus vorverformten Rohrabschnitten zusammengeführten Verbunde und auch die maximal zulässige Kraft, bis zu der die Deformationsstruktur Energie zu absorbieren vermag bzw. als solche funktioniert, ist dabei vorbestimmbar. Die Kennlinie des einzelnen Rohrabschnitts ist außer von der Vorverformung auch abhängig vom Material, der lichten Weite, der Wandstärke und -gemetrie und der Länge des Rohrabschnitts. Bei den Verbunden kommen als weitere Einflußfaktoren die Anzahl der verbundenen Rohrabschnitte, der Abstand und die Anordnung derselben und die Fügemethode hinzu. Es hat sich jedoch gezeigt, daß bei einem Vorverformungsgrad des einzelnen, in der Deformationsstruktur eingesetzten Rohrabschnitts im Bereich von 0,1 bis 85% ein Kraft-Peak zu Beginn der Verformung nicht auftritt, sofern eine vorbestimmte Maximalkraft bei der Energieeinleitung nicht überschritten wird. Bei einem Aufprall und einer in das Deformationselement eingeleiteten Verformungsenergie wird die Verformung der vorverformten Rohrabschnitte ohne das Auftreten eines überproportionalen Kraftanstiegs praktisch fortgesetzt, wobei der Verformungsweg lang ist und bei einzeln angeordneten Rohrabschnitten im wesentlichen der lichten Weite derselben entspricht. Bei ein- oder mehrlagig zusammengefügt angeordneten Rohrabschnitten ist der Verformungsweg etwas geringer als die Summe der lichten Weiten, da parallel zur Kraftwirkungsrichtung ausgerichtete Profilwände bei der Verformung gestaucht werden und sich zwischen die quer zur Kraftwirkungsrichtung angeordneten Profilwände schieben.

Durch die Vermeidung des "Kraft-Peaks" wird die Verletzungsgefahr eines auf die Deformationsstruktur aufprallenden Fahrzeuginsassen reduziert.

Die Rohrabschnitte können dabei aus Vierkantprofilen erzeugt sein, insbesondere aus quadratischen Profilen. Der Verformungsgrad sollte vorteilhafterweise 20% betragen.

Diese Rohrabschnitte können verschieden angeordnet werden, derart, daß die Kraft über eine Profilseite oder eine Profiflecke eingeleitet wird, so daß bei gleichen Rohrabschnitts-Parametern unterschiedliche Kennlinien eingestellt werden können. Überdies kann der Eckenradius gezielt verändert werden.

Die Deformationsstrukturen können auch durch eine ein- oder mehrlagige Kombination von Rohren unterschiedlicher lichter Weiten oder/und unterschiedlicher Wandstärken aus gleichen oder unterschiedlichen Materialien gebildet sein.

Bei mehrlagig angeordneten Rohrabschnitten können die Lagen jeweils aus Rohrabschnitten mit Parametern zusammengefügt sein, die von denen der Rohrabschnitte der jeweils anderen Lage verschieden sind, um einen bestimmten Kraftverlauf über den Verformungsweg erzeugen. So kann es vorteilhaft sein, die jeweils krafteinleitungsseitige Lage aus Rohrabschnitten mit größerer Wandstärke als die in Kraftwirkungsrichtung hinter dieser angeordneten Lage oder die krafteinleitungsseitige Lage aus Rohrabschnitten mit kleinerer lichten Weite zu bilden.

Die Rohrabschnitte können zur Verbesserung der energieabsorbierenden Eigenschaften zusätzlich mit anderen energieabsorbierenden Strukturen kombiniert sein, beispielsweise können sie ausgeschäumt oder/und in Schaum eingebettet sein.

Vorteilhaft ist es wenn die ein- oder mehrlagigen Verbunde von Rohrabschnitten durch Verfahren gefügt sind, die die Eigenschaften des einzelnen Rohrabschnittes nicht verändern, beispielsweise durch Kleben.

Alternativ dazu können ein- oder mehrlagige Verbunde

von Rohrabschnitten aus Abschnitten von einstückig gezogenen, stranggepreßten oder extrudierten Profilen erzeugt sein.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. In der zugehörigen Zeichnung zeigen schematisch:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Deformationsstruktur aus einzelnen und im Abstand angeordneten, aus einem Vierkantprofil erzeugten Rohrabschnitten,

Fig. 2 eine weitere Deformationsstruktur, ebenfalls mit aus einem Vierkantprofil erzeugten Rohrabschnitten,

Fig. 3 eine dreilagige Deformationsstruktur,

Fig. 4 eine Deformationsstruktur aus einzelnen und im Abstand angeordneten, aus einem Vierkantprofil erzeugten Rohrabschnitten, kombiniert mit einem Schaum,

Fig. 5 die Anordnung von verschiedenen Deformationsstrukturen als Türpolster in einem Tür-Längsschnitt,

Fig. 6 diese Anordnung im Querschnitt VI-VI und

Fig. 7 eine Eingangskraftniveau-Vorverformungsweg-Kennlinie bei Rechteckquerschnitten.

In Fig. 1 ist eine Deformationsstruktur dargestellt, die aus einzelnen, aus einem Vierkantprofil erzeugten und im Abstand voneinander angeordneten Stahl-Rohrabschnitten 1, die zwischen zwei Blechen 2 angeordnet sind, gebildet ist, wobei die Rohrachse R der Rohrabschnitte 1 jeweils parallel zu den Blechen 2 ausgerichtet ist. Die Rohrabschnitte 1 sind durch eine senkrecht durch ihre Längsachse vorgenommene Verformung mit einem Verformungsgrad von 35% aus rechteckigen (quadratischen) Rohrabschnitten hergestellt worden. Bei in Pfeilrichtung eingeleiteter Aufprallenergie tritt ein überproportionaler Kraftanstieg, ein sog. Kraft-Peak, nicht auf, sondern die Rohrabschnitte 1 werden nach Erreichen eines durch deren Parameter bestimmten Kraftniveaus über den gesamten Verformungsweg, der etwa der inneren Seitenlänge L der Rohrabschnitte entspricht, im wesentlichen auf diesem Kraftniveau, das sogar eine leicht sinkende Tendenz hat, verformt. Erst am Ende des Verformungsweges, also wenn die der Seitenlänge entsprechende lichte Weite der Rohrabschnitte 1 gleich Null ist, steigt die Kraft steil an.

In Fig. 7 ist das Anfangskraftniveau, das ist das Kraftniveau, das bei Beginn der Verformung am Deformationselement auftritt, in Abhängigkeit von der Verformung an einem quadratischen Profil dargestellt. Während dieses Kraftniveaus bei einem aus einem zylindrischen Rohrabschnitt geformten, d. h. vorverformten Quadratprofil 3 noch bei I liegt, ist es bei dem fortgesetzt, d. h. stärker verformten Quadratprofil 3a auf II und bei dem noch stärker verformten Quadratprofil 3b auf III gesunken. Die Darstellung zeigt, wie das Kraftniveau, mit dem die Verformung eingeleitet wird, durch den Grad der Vorverformung verändert wird. Allerdings verringern sich im gezeigten Beispiel die verbleibenden Verformungswege mit dem Grad der Vorverformung.

Fig. 2 zeigt eine weitere Deformationsstruktur mit aus einem Vierkantprofil erzeugten Rohrabschnitten 4, bei denen die Krafteinleitungsrichtung bei der Verformung gegenüber den in Fig. 1 dargestellten Rohrabschnitten um 45° verdreht war. Bei dieser Deformationsstruktur weicht die Krafteinleitungsrichtung, bezogen auf die verformten Rohrabschnitte, um 45° ab, und es ergibt sich eine andere Kraft-Verformungsweg-Kennlinie.

Fig. 3 zeigt eine Deformationsstruktur mit dreilagig zusammengeführten Stahl-Rohrabschnitten 5, die vor ihrer Vorverformung untereinander gleich und in gleichem Maße vorverformt sind. Die Rohrabschnitte 5 sind miteinander verklebt (K).

In Fig. 4 ist eine aus einer Kombination von vorverformten Rohrabschnitten 6 und synthetischem festen Kunststoff-

schaum 7 gebildete Deformationsstruktur dargestellt. Der Kunststoffschaum 7 dient der Verteilung der in diese Struktur eingeleiteten Energie und der Verringerung des Eingangskraftniveaus. Vorteilhaft bei dieser Deformationsstruktur ist auch, daß diese als Deformationsbauteil vorgefertigt werden kann.

In den Fig. 5 und 6 ist eine Fahrzeugaufbautür mit in dieser angeordneten Deformationsbauteilen 8 und 9 gezeigt. Diese besitzen eine unterschiedliche Deformationsstruktur. Während das obere Deformationsbauteil 8 aus einer Reihe in Rohrachse R im Abstand angeordneter und in Kunststoffschaum (7) eingebetteter vorverformter Rohrabsnitte 8a gebildet ist, hat das untere eine Struktur, bei der drei Lagen von vorverformten Rohrabsnitten 10; 11; 12 übereinander angeordnet und in Kunststoffschaum (7) eingebettet sind. Die obere Lage ist aus einzelnen, im Abstand voneinander angeordneten Rohrabsnitten 10, die mittlere Lage aus einem durchgehenden Rohrabschnitt 11 und die untere Lage wiederum aus im Abstand angeordneten Rohrabsnitten 12 gebildet. Die Profilquerschnitte sind von Lage zu Lage unterschiedlich. Die Struktur ist relativ aufwendig, zeigt jedoch die Vielfalt der Kombinationsmöglichkeiten und damit die Universalität der erfindungsgemäßen Deformationsstruktur.

#### Patentansprüche

1. Deformationsstruktur für den Insassenschutz in Fahrzeugen mit zwischen Wandungen oder anderen Bauteilen angeordneten und Hohlkörper aufweisenden energieabsorbierenden Elementen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlkörper senkrecht zu ihrer Längsachse vorverformte Rohrabsnitte (1; 3; 4; 5; 6; 8a; 9; 12) sind, die mit der Rohrachse (R) parallel zu den Wandungen einzeln in vorbestimmbare Anordnung oder ein- oder mehrlagig zusammengefügt angeordnet sind, und daß der Verformungsgrad zwischen 0,1% und 85% liegt, bezogen auf die lichte Weite des unverformten Rohres in Richtung der Verformungskraft.
2. Deformationsstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrabsnitte (1; 3; 4; 5; 6; 8a; 9; 12) aus Vierkantprofilen erzeugt sind.
3. Deformationsstruktur nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Verformungsgrad der Rohrabsnitte (1; 3; 4; 5; 6; 8a; 9; 12) vorzugsweise größer/gleich 20% beträgt.
4. Deformationsstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diese durch eine ein- oder mehrlagige Kombination von Rohrabsnitten (1; 3; 4; 5; 6; 8a; 9; 12) unterschiedlicher lichter Weiten oder/und unterschiedlicher Wandstärken aus gleichen oder unterschiedlichen Materialien gebildet ist.
5. Deformationsstruktur nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehrlagig zusammengeführten Rohrabsnitten (5) die jeweils krafteinleitungsseitige Lage aus Rohrabsnitten mit größerer Wandstärke gebildet ist als die in Kraftwirkungsrichtung hinter dieser angeordnete Lage.
6. Deformationsstruktur nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei mehrlagig zusammengeführten Rohrabsnitten (5) die jeweils krafteinleitungsseitige Lage aus Rohrabsnitten mit einer kleineren lichten Weite gebildet ist als die in Kraftwirkungsrichtung hinter dieser angeordnete Lage.
7. Deformationsstruktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Rohrabsnitte (6; 8a; 10, 11, 12) mit anderen energieabsorbierenden Strukturen (7) kombiniert sind.

8. Deformationsstruktur nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein- oder mehrlagige Verbunde von Rohrabsnitten (5) durch ein die Verformungseigenschaften der Rohrabsnitte (5) unbeeinträchtigt lassendes Fügeverfahren miteinander verbunden sind.

9. Deformationsstruktur nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Fügen der Rohrabsnitte (5) durch Kleben erfolgt ist.

10. Deformationsstruktur nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein- oder mehrlagige Verbunde von Rohrabsnitten (5) aus Abschnitten von einstückig gezogenen, stranggepreßten oder extrudierten Profilen erzeugt sind.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

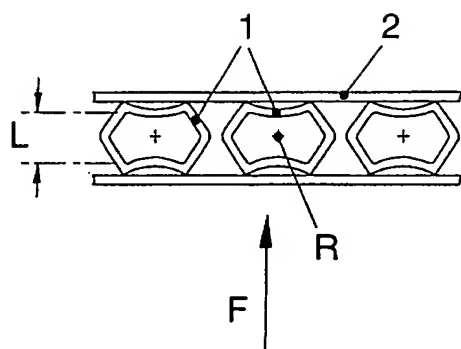


FIG. 1

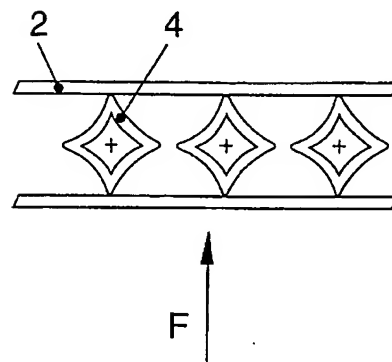


FIG. 2

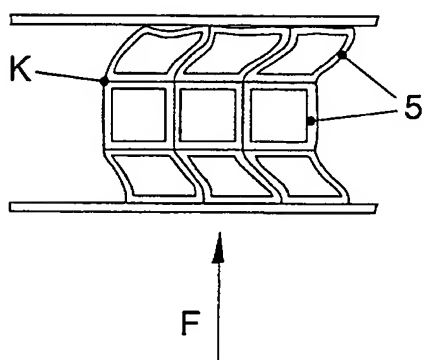


FIG. 3

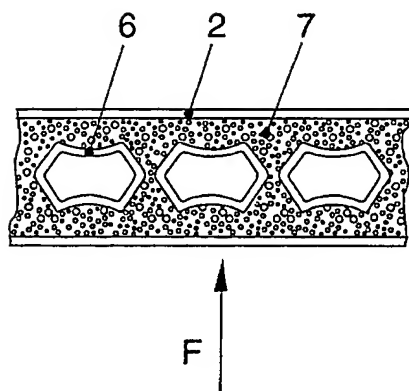


FIG. 4

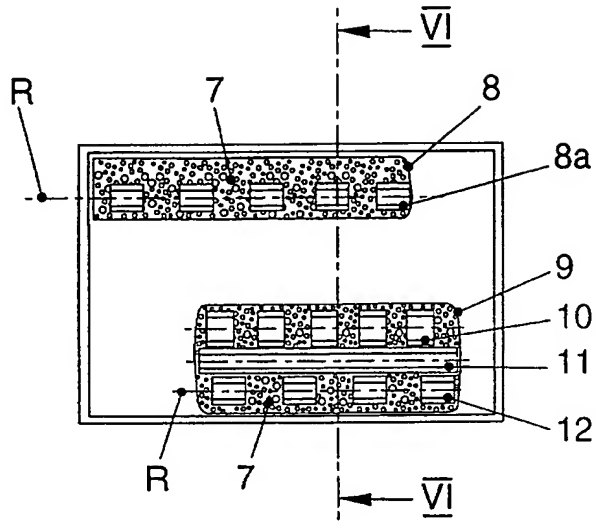


FIG. 5

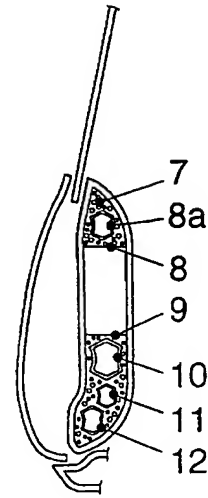


FIG. 6

Schnitt  $\overline{\text{VI}}$  -  $\overline{\text{VI}}$

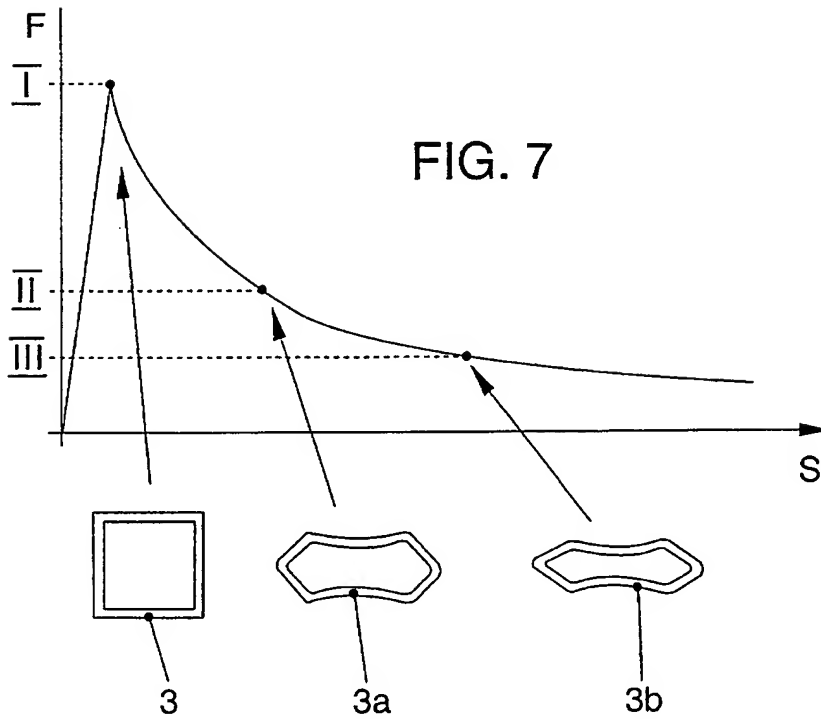


FIG. 7